25 Labradorit 75 Augit	1175 » 1200°	1170 » 1190°	1140 » 1165°	—	—
20 Labradorit 80 Augit	—	1170 » 1195	—	1090°	1020°
16,66 Labradorit 83,34 Augit	1185 » 1190°	1180 « 1195	1160 » 1175°	1130°	—
9,1 Labradorit 90,9 Augit	1190 » 1200°	—	1160 » 1180°	—	—
4,5 Labradorit 95,5 Augit	1180 » 1200°	—	1180°	—	—
Augit	1185 » 1200°	—	1175°	1185°	1100°

Im allgemeinen enthält die eutektische Mischung mehr Pyroxen als Plagioklas, trotzdem der Schmelzpunkt des letzteren höher ist als der des ersteren.

Da aber die verschiedenen Plagioklase und Pyroxene sehr große Schmelzpunktsdifferenzen zeigen, welche vielleicht 100° überschreiten, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß

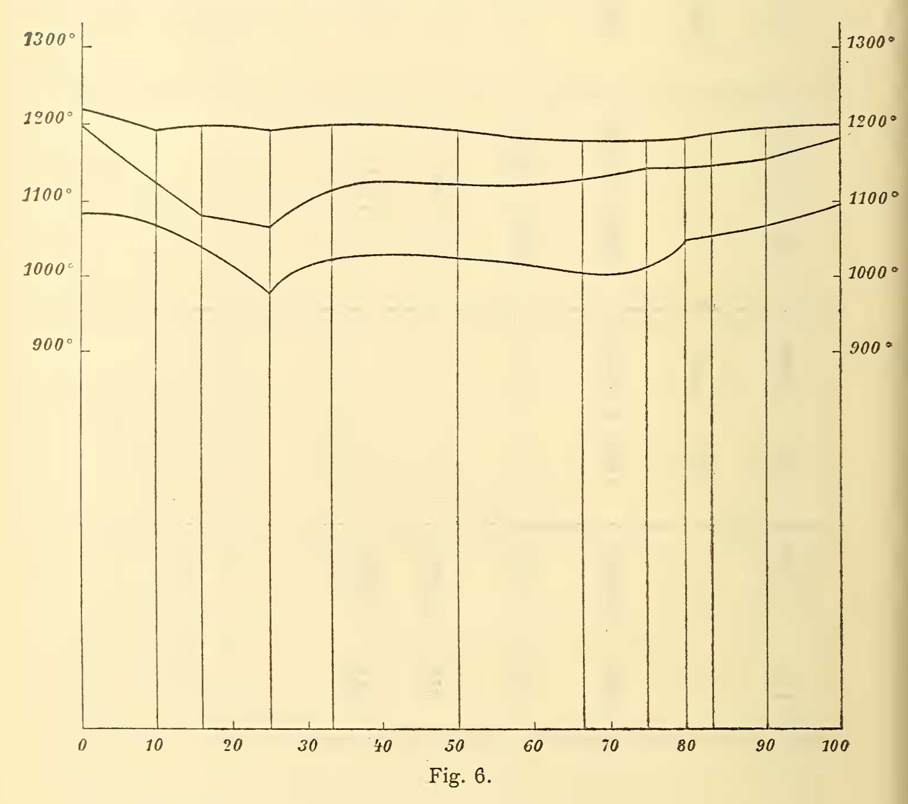


Fig. 6.

das eutektische Verhältnis der beiden Komponenten ungemein wechselt und daß es bald in der Nähe des Pyroxens, bald in der Nähe des Plagioklases liegt.

Wollte man also auf die Gesteine jene eutektischen Mischungen anwenden, so hätte man überdies durch Gegenwart dritter Komponenten noch weitere Schwankungen und man käme zu dem Resultat, daß für die Kombination Pyroxen-Plagioklas die eutektische Mischung zwischen 80 und 20 einerseits, zwischen 50 und 50 andrerseits liegt.

In Fig. 6 stellt die obere Kurve die Schmelzpunkte der Kristallgemenge, die mittlere Kurve die unteren Erweichungspunkte des Glases, die untere Kurve die Erstarrungspunkte dar.

Wir wissen nun, daß bei Plagioklas-Pyroxengesteinen (die aber immer noch eine dritte und vierte Komponente aufweisen) zumeist der Pyroxen zuerst auftritt, und dies ist nach den zahlreichen Versuchen, die ausgeführt wurden, zumeist der Fall; aber es kommt auch vor, daß unbeschadet des Mengenverhältnisses bald das eine, bald das andere zuerst sich ausscheidet. Solche Fälle habe ich mitunter bei der Kombination Augit-Labradorit-Magnetit beobachtet; die Ursache liegt wahrscheinlich in der Unterkühlung; in stark unterkühlten Schmelzen bildet sich bald die eine, bald die andere Komponente zuerst. Diese Unterkühlung wird auch dort von der größten Wichtigkeit sein, wo, wie bei Basalten, der Plagioklas sich zuerst abscheidet. Daneben kann auch immer noch das Mengenverhältnis wirken, also wahrscheinlich wirken mehrere Faktoren.

Bei diopsidartigen Pyroxenen, bei Natronaugiten bewirkt auch das kleinere Kristallisationsvermögen die spätere Ausscheidung, bei leicht schmelzbaren Natronaugiten überdies auch der Schmelzpunkt, da kein Körper sich über seinem Schmelzpunkt ausscheiden kann.

III. Beobachtungen eutektischer Mischungen unter dem Mikroskop.

Meine früheren Beobachtungen der Erstarrung von Mineralgemengen unter dem Mikroskop habe ich fortgesetzt und bei dieser Beobachtungsreihe namentlich mit Mischungen künstlicher Gemenge gearbeitet, wobei sowohl mit zwei als auch mit drei Komponenten experimentiert wurde.

1. Mischung von 70 Diopsid und 30 Anorthit.

Diese Mischung entspricht nach einer unveröffentlichten Arbeit des Herrn cand. Freis der eutektischen, sie hat die niedrigsten Schmelz- und Erstarrungspunkte.

2. Mischung von 70 Diopsidsilikat und 30 Anorthitsilikat.

Die Mischung hat die Zusammensetzung 70 $CaMgSi_2O_6$ und 30 $CaAl_2Si_2O_8$. Der Schmelzpunkt des Glases liegt bei

1160 bis 1290°. Es wird von 1210° an abgekühlt. Die Schmelze wird so dünnflüssig, daß sie vollkommen wasserhell erscheint.

Bei 1160° bilden sich plötzlich zahlreiche kleine, wasserhelle Mikrolithe, welche Diopsid sind.

Bei 1150° größere, stark brechende Diopsidnadeln mit Anorthit.

Bei 1145° Fortsetzung der Ausscheidung.

Bei 1140° fest. Zwischen den Kristallen liegt Glas.

Das Intervall ist hier also ein kleines. Anorthit war wenig entstanden, er steckt zumeist noch im Glas.

3. Mischung von 60 Diopsid und 40 Anorthit.

Das Schmelzpunktsintervall liegt bei 1205 bis 1250°, die Maximaltemperatur war 1265°. Bei der Abkühlung von 1265° auf 1165°, welche 35 Minuten dauerte, ergab sich folgendes:

1200° Beginn der Kristallausscheidung. Diopsid.
1190° starke Ausscheidung von Diopsid (kleine Nadeln).
1185° noch etwas Diopsid.
1185° Anorthit.
1180° Anorthit und Diopsid.
1170° kleine Nadeln von Anorthit.
1165° keine weiteren Ausscheidungen.
1160° alles ist fest, die Schmelze enthält noch viel Glas.

Bei der nachträglichen mikroskopischen Untersuchung ergab sich, daß die Schmelze ein filzartiges Gemenge von Diopsid mit wenig Anorthit darstellte, dazwischen war noch viel Glas.

4. Mischung von Diopsid-, Olivin- und Anorthitsilikat im Verhältnis 60·8 : 26·1 : 13.

Es waren hier die Silikate $CaMgSi_2O_6$, $\left\{\begin{matrix} Mg_2SiO_4 \\ FeSiO_4 \end{matrix}\right\}$ und $CaAlSi_2O_8$ angewendet worden; erstere beide stehen im Verhältnis 70 : 30, welches das eutektische ist. Der Schmelzpunkt des Glases ist 1190 bis 1230°. Nachdem auf 1270° erhitzt worden war, wird abgekühlt.

Bei 1205° bilden sich Olivinnadeln.
» 1195° ebenso mit etwas Diopsid.

Bei 1190° bildet sich Diopsid und wenig Anorthit.
» 1185° ebenso.
» 1180° noch Diopsidbildung.
» 1170° alles fest.

Es ergab sich ein Gemenge von Olivin und Diopsid mit wenig Anorthit und Glas.

5. Mischung von 72 Albitsilikat, 18 Olivinsilikat und 10 Nephelinsilikat.

Die Silikate entsprechen den Mischungen $NaAlSi_3O_8$, $\left\{\begin{matrix} 7\,Mg_2SiO_4 \\ Fe_2SiO_4 \end{matrix}\right\}$, $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$. Schmelzpunkt zwischen 1080 und 1120°.

Die erste Ausscheidung beginnt bei 1180°, es sind Olivinskelette. Bei 1060° bilden sich noch diese und Nephelin. Bei 1050° starke Nephelinausscheidung in Skeletten. Bei 1040° ist diese noch nicht ganz beendet, während bei 1030° alles fest ist, wobei noch viel Glas übrig bleibt.

6. Mischung von Diopsid-, Olivin- und Nephelinsilikat im Verhältnis 78·3 : 8·7 : 13·0.

Es war hier der Mischung 90 Diopsid zu 10 Olivin 15 Teile Nephelin zugesetzt worden, woraus sich dann obiges Verhältnis ergab. Angewendet wurden Mischungen, entsprechend der Zusammensetzung $CaMgSi_2O_6$ für Diopsid, Mg_2SiO_4 für Olivin und $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$ für Nephelin. Der Schmelzpunkt des Glases liegt zwischen 1150 und 1210°.

Nachdem auf 1280° erhitzt worden war, erfolgte die erste Ausscheidung bei 1060°; es schienen zuerst einzelne Olivinmikrolithe sich abzuscheiden, dann aber fast gleichzeitig massenhaft Diopsid, der auch bis zur Abkühlung auf 1040° noch sich ausscheidet. Bei 1020°, vielleicht bei 1010° ist alles fest. Nephelin hatte sich nicht abgeschieden.

7. Mischung von gleichen Teilen Diopsid- und Nephelinsilikat.

Die Silikate haben die Zusammensetzung $CaMgSi_2O_6$ und $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 1000 und

1050°. Nachdem die Schmelze auf 1095° erhitzt worden war, wurde sie langsam abgekühlt.

Bei 1000° bilden sich einzelne Diopsidkristalle.
» 990° stärkere Ausscheidung.
» 960° Diopsid neben Nephelin.
» 955° Nephelinskelette.
» 950° Erstarrung des restlichen Glases.

8. Mischung von 10 Anorthit, 27 Olivin und 63 Orthoklas.

Hiebei wurden nicht die Mineralien, sondern künstliche Mischungen, entsprechend $10\,CaAl_2Si_2O_8$, 27 Teile einer der Olivinzusammensetzung $\left\{\begin{matrix} 7\,Mg_2SiO_4 \\ Fe_2SiO_4 \end{matrix}\right\}$ entsprechenden Verbindung und 63 Teile $KAl_2Si_3O_8$ verwendet.

Der Schmelzpunkt der glasigen Mischung liegt zwischen 1140 und 1170°. Bei der Abkühlung bildeten sich erst bei 1120° Kristalle von Olivin, zumeist skelettartige, nämlich unter 90° sich schneidende, sehr lange Nadeln; bei 1100° findet eine Ausscheidung von Anorthit statt, die sich bis 1090° fortsetzt. Es erscheinen noch radialfaserige Gebilde bei 1085°, die nach der späteren Untersuchung sich als Orthoklase herausstellten. Von 1080 bis 1070° wird das Glas starr.

Hier hat sich also Orthoklas gebildet, ein seltener Fall, der aber durch die Abnahme der Viskosität erklärlich ist, der wenig viskose Olivin wirkt als »Kristallisator«. Ähnliches hatte ich schon früher beobachtet und Lenarčič hatte ebenfalls Albit durch Zugabe von Magnetit erhalten.

Nachtrag zu p. 14. Durch Prof. F. Becke erhielt ich Labradorit von St. Rafael (Var), welcher bei 1190° zu schmelzen beginnt und bei 1260° glasig zähflüssig ist.

Tafelerklärung.

Tafel I.

Aufnahmen unter dem Kristallisationsmikroskop gemacht.

1. Anorthit von Japan, zum Teil geschmolzen, bei 1310° aufgenommen.
2. Anorthit, geschmolzen, aufgenommen bei 1360°.
3. Labradorit von Labrador, bei 1250° aufgenommen.
4. Labradorit von Labrador, bei 1270° aufgenommen.
5. Labradorit, geschmolzen und bis 1200° abgekühlt, bei 1200° aufgenommen.

Tafel II.

1. Anorthit von Japan, geschmolzen, bis 1360° erhitzt und abgekühlt.
2. Anorthit vom Vesuv, bis 1350° erhitzt und abgekühlt.
3. Anorthit von Japan, bis 1360° erhitzt und abgekühlt (2. Versuch).
4. Anorthit von Japan, vor dem Versuch aufgenommen.
5. Labradorit von der Szuligata, auf 1260° erhitzt und wieder abgekühlt.



Beiträge zur Kenntnis der mittel- und obertriadischen Faunen von Spiti

von

Dr. C. Diener.

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. April 1906.)

Obschon seit der Publikation der Ergebnisse jener Untersuchungen, denen das von der Expedition in den Zentralhimalaya von Painkhanda und Johar im Jahre 1892 gesammelte Material an Triasfossilien zu Grunde lag,[1] nur eine verhältnismäßig kurze Spanne Zeit verflossen ist, hat doch unsere Kenntnis der Himalaya-Trias seither in mehrfacher Richtung eine erhebliche Förderung erfahren. Besondere Bedeutung kommt in dieser Hinsicht der geologischen Neuaufnahme von Spiti zu, die von H. Hayden und dem so früh verstorbenen Dr. A. v. Krafft in den Jahren 1898 bis 1901 durchgeführt wurde. Über die stratigraphischen Resultate jener Neuaufnahme haben die beiden genannten Beobachter ausführlich berichtet.[2] Das gesamte Material an Fossilien der mittleren und oberen Trias wurde mir nach dem Tode A. v. Krafft's von der Direktion der Geological Survey of India zur Bearbeitung übergeben. Die Bearbeitung dieser Aufsammlungen, die zum überwiegenden Teile neues Material enthielten, ist nunmehr abgeschlossen, so daß auf Grund derselben eine Übersicht der Faunen gegeben und ein Vergleich

---

[1] Es sei hier insbesondere auf meinen Reisebericht im 62. Bande der Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. (1895), p. 533 bis 608, auf E. v. Mojsisovics, »Beiträge zur Kenntnis der obertriadischen Cephalopodenfaunen des Himalaya« (ibid. 63. Bd., 1896, p. 575 bis 701, und auf Bd. II und III der XV. Serie der Palaeontologia Indica (Himalayan Fossils) verwiesen.

[2] A. v. Krafft: »Stratigraphical notes on the mesozoic rocks of Spiti«, General Report Geol. Surv. of India for 1899/1900, p. 199 bis 230. H. Hayden: »The geology of Spiti«. Memoirs Geol. Surv. of India, Vol. XXXVI, Pt. 1.

mit den von der Expedition des Jahres 1892 studierten Profilen des Bambanag und Shalshal Cliff durchgeführt werden kann. Durch diese Bearbeitung haben die stratigraphischen Ergebnisse der Untersuchungen A. v. Krafft's in allen wesentlichen Punkten eine volle Bestätigung erfahren.

Ich werde zunächst die einzelnen, über der skythischen Serie folgenden Triasfaunen beschreiben und dann auf eine Parallelisierung derselben mit den im Zentralhimalaya von Johar und Painkhanda ermittelten Triasniveaus näher eingehen.

I. Anisische Stufe (Muschelkalk im engeren Sinne).

Aus A. v. Krafft's Profilen ergibt sich eine Dreigliederung der von den älteren Beobachtern als »Muschelkalk« zusammengefaßten Schichten im Himalaya. Die ganze Schichtgruppe hat in Spiti, ebenso wie in den östlicheren Teilen des Zentralhimalaya, eine Mächtigkeit von 100 engl. Fuß. Die obersten 30 Fuß enthalten die reiche Cephalopodenfauna, die von mir im 2. Teile des II. Bandes der Himálayan Fossils beschrieben wurde.[1] Darunter folgt der Horizont der *Spiriferina Stracheyi* mit einer zweiten Cephalopodenfauna, dann eine ungefähr 60 Fuß mächtige Masse eines fast fossilleeren Knollenkalkes, an dessen Basis der Brachiopodenhorizont der *Rhynchonella Griesbachi* liegt.

Als Ausgangspunkt für eine Parallelisierung mit außerindischen Triasbildungen eignet sich nur der Horizont des oberen Muschelkalkes mit seiner reichen Cephalopodenfauna, die ich bereits im Jahre 1895 als ein homotaxes Äquivalent der Zone des *Ceratites trinodosus* Mojs. angesprochen habe. Durch die Neuaufsammlungen Hayden's und A. v. Krafft's hat sich die Zahl der Arten dieses Niveaus auf 126 erhöht, von denen mehr als neun Zehntel auf die Klasse der Cephalopoden entfallen. Numerisch spielt unter den Ammoniten *Ceratites* die bedeutendste Rolle. Diese Gattung ist durch 10 Subgenera mit 41 Arten vertreten. Auch *Ptychites*, *Gymnites* und *Beyrichites* zeichnen sich durch einen bemerkenswerten Formenreichtum aus.

---

[1] Nachträge in Vol. V, Pt. 2 der »Himálayan Fossils« (Palaeontologia Indica, ser. XV).

Im Jahre 1895 waren mir neben einer größeren Anzahl nahe verwandter nur drei mit alpinen Formen identische Spezies aus dem oberen Muschelkalk des Himalaya bekannt, nämlich:

Orthoceras campanile Mojs.,
Sturia Sansovinii Mojs.,
Proarcestes Balfouri Opp. (= *P. Escheri* Mojs.).

Diesen sind als bestimmt oder wahrscheinlich identisch nunmehr hinzuzufügen:

Ceratites trinodosus Mojs., der mit *C. Thuilleri* Opp. durch Übergangsformen verknüpft ist,
Japonites cf. *Dieneri* Martelli,
Joannites cf. *proavus* Dien.,
Acrochordiceras cf. *Carolinae* Mojs.,
Monophyllites sphaerophyllus v. Hauer,
Gymnites incultus Beyr.,
» cf. *Humboldti* Mojs.,
Anagymnites cf. *acutus* v. Hauer,
Germanonautilus cf. *salinarius* Mojs.,

ferner die nachstehenden Brachiopodenarten, die zu den häufigsten und verbreitetsten des alpinen Muschelkalkes gehören:

Coenothyris vulgaris Schloth.,
Mentzelia Mentzelii Dunk.,
Spiriferina Koeveskalliensis Suess.

Die nahen Beziehungen dieses indischen Cephalopodenniveaus zu der Zone des *Ceratites trinodosus* in der alpinen Trias erscheinen durch diese Tatsachen außer Zweifel gestellt.[1]

Dagegen erscheinen die Beziehungen der Trinodosusfauna des Himalaya zu den Faunen der arktisch-pazifischen Triasregion weniger enge, als ich im Jahre 1895 voraussetzen zu dürfen glaubte. Allerdings bleibt noch immer eine charakteristische Art, *Beyrichites affinis* Mojs., beiden Regionen ge-

[1] Es dürfte sonach die Annahme einer Verbindung der indischen und mediterranen Triasprovinz, die während der skythischen Epoche unterbrochen war, zur Zeit des oberen Muschelkalkes kaum zu umgehen sein.

meinsam und zeigt die Gruppe der indischen *Ptychites rugiferi* zu ihren Vertretern im Muschelkalk von Spitzbergen die nächste Verwandtschaft. Dagegen ist der phylogenetische Zusammenhang der Untergattung *Hollandites*, welcher die Mehrzahl der eigentlichen Leitformen des indischen Muschelkalkes angehört, mit der arktischen Gruppe des *Ceratites polaris* sehr zweifelhaft geworden. Auch die indischen Vertreter der Gattung *Japonites* stehen dem japanischen *J. planilateratus* weniger nahe als den in den letzten Jahren in den europäischen Triasbildungen entdeckten Repräsentanten jenes Genus.

Die Zahl der der indischen Triasprovinz zur Zeit der anisischen Stufe eigentümlichen Faunenelemente hat durch die Untersuchung des neuen Materials keine wesentliche Veränderung erfahren. Zu diesen Elementen gehören die Gruppen des *Ptychites Gerardi* Blanf. und *Pt. Malletianus* Stol., die Gattung *Buddhaites* Dien., unter den Ceratiten die Subgenera *Pseudodanubites* Hyatt, *Haydenites* Dien., *Salterites* Dien. und die Mehrzahl der *Ceratites circumplicati*, insbesondere die Untergattung *Hollandites*.

Unter der die Trinodosuszone repräsentierenden Cephalopodenfauna liegt in Spiti die Fauna des Horizonts der *Spiriferina Stracheyi* Stol. Dieser Horizont ist von verhältnismäßig geringer Mächtigkeit. An der Basis überwiegen Cephalopoden, in den höheren Lagen Brachiopoden, doch mischen sich beide Faunengruppen und können nicht als selbständige Horizonte abgetrennt werden. Das nachstehende Profil, das A. v. Krafft in der Nähe von Lilang aufgenommen hat, läßt diese Verhältnisse deutlich erkennen:

4. Oberer Muschelkalk mit der Cephalopodenfauna der Trinodosuszone . . . . 22 Fuß

3.
   - *f)* Graue Kalke mit *Hollandites Ravana* . . . . 16 Zoll
   - *e)* Grauer Knollenkalk . . . . 6 Zoll
   - *d)* Kalk mit *Spiriferina Stracheyi* . . . . 4 Zoll
   - *c)* Grauer Kalk . . . . 3 Zoll
   - *b)* Grauer Kalk mit der Cephalopodenfauna des *Keyserlingites Dieneri* . . . . 4 Zoll
   - *a)* Dünne Lage von grauem Kalk und Schiefer . . . 3 Fuß

2. Knollenkalk (Nitikalk Noetling)	Obere Abteilung		30 Fuß
	Untere Abteilung	*b)* Lager der *Ceratites* sp. ind. *a)* Lager des *Tirolites* cf. *injucundus* Krafft	30 Fuß
1. Kalke mit *Rhynchonella Griesbachi*			3 Fuß.

Die Brachiopodenfauna des Horizonts der *Spiriferina Stracheyi* ist von Bittner (Himálayan Fossils, Vol. III, Pt. 2) beschrieben worden. Das charakteristischeste Element in der Cephalopodenfauna ist die eine Reihe von Parallelformen zu der Gruppe der *Ceratites subrobusti* enthaltende Ceratitengruppe des *Keyserlingites (Durgaites) Dieneri* Mojs. Keine dieser Formen des Himalaya kann, wie ich an anderer Stelle [1] näher ausgeführt habe, mit einem der sibirischen Keyserlingiten identifiziert werden, obwohl in der Gestalt und Skulptur der Schlußwindungen vollständige Übereinstimmung besteht. Auf das Alter der Triasschichten Nordsibiriens mit *Ceratites (Keyserlingites) subrobustus* sind daher Schlußfolgerungen aus dem Altersverhältnis der indischen Ablagerungen mit *Keyserlingites Dieneri* nicht zulässig.

Das interessanteste Element der Fauna mit *Keyserlingites Dieneri* sind, wie schon A. v. Krafft betont hat, sechs Ammonitenspezies, die mit solchen aus dem roten Klippenkalk des Middlemiss Crag am Chitichun Nr. 1 in Tibet übereinstimmen. Es sind dies die folgenden:

Florianites Kansa Dien.,
Japonites Ugra Dien.,
Monophyllites Kingi Dien.,
» *Confucii* Dien.,
» *Hara* Dien.,
» *Pradyumna* Dien.

Die Zuweisung der Fauna des Middlemiss Crag zum unteren Muschelkalk, die seinerzeit lediglich auf Grund der

[1] Diener, Über einige Konvergenzerscheinungen bei triadischen Ammoneen. Diese Sitzber. Bd. CXIV, 1905, p. 681 ff.

Prüfung des Gesamtcharakters jener Fauna vorgenommen werden konnte, erscheint somit durchaus begründet.

Eine Ammonitenart, *Sibirites Prahlada* Dien., ist diesem Horizont und den Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi* gemeinsam.

Endlich haben sich in der Fauna des *Keyserlingites Dieneri* auch Vertreter von zwei Ammonitengattungen, *Stacheites* Kittl und *Dalmatites* Kittl gefunden, die bisher nur aus der unteren Trias der Ostalpen bekannt waren.

Die Zahl der mit dem oberen Muschelkalk des Himalaya gemeinsamen Cephalopodenarten ist gering. Jedenfalls ist an der stratigraphischen Selbständigkeit des Horizonts der *Spiriferina Stracheyi* kein Zweifel möglich. Eine Parallelisierung desselben mit der Zone des *Ceratites binodosus* im alpinen Muschelkalke dürfte gerechtfertigt sein, obgleich Beziehungen zwischen den Faunen der Zone des *Keyserlingites Dieneri* und dem alpinen *Binodosus*-Niveau kaum angedeutet erscheinen.

Da die Zone des *Ceratites binodosus* im alpinen Muschelkalk bereits eine verhältnismäßig hohe Lage einnimmt, so liegt es nahe, eine Vertretung für die fossilarme Hauptmasse des unteren alpinen Muschelkalkes (Horizont des *Dadocrinus gracilis*) in der großen Masse des Knollenkalkes zwischen den beiden Niveaus der *Spiriferina Stracheyi* und *Rhynchonella Griesbachi* zu suchen.[1] Es ist jedoch zu bemerken, daß von Hayden und A. v. Krafft gegen das anisische Alter der ganzen Masse des Knollenkalkes (Etage 2 in dem oben erwähnten Profil von Lilang) Zweifel geltend gemacht worden sind. Diese Zweifel stützen sich auf die Funde von einigen Ammonitenfragmenten durch Hayden im Jahre 1901. Diese Fragmente stammen aus zwei Bänken des Knollenkalkes, von denen die eine knapp über den Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi*, die andere 30 Fuß höher, fast in der Mitte der Knollenkalkmasse liegt.

Eines der Bruchstücke wurde von A. v. Krafft mit einer Ceratitenspezies aus den untertriadischen Hedenstroemia beds

---

[1] Für diesen Knollenkalk hat Noetling (»Die asiatische Trias«, Lethaea geognostica, Bd. II, 1. Teil, 2. Lfg., p. 139) den Namen »Nitikalk« vorgeschlagen.

(skythische Stufe) von Muth, ein anderes mit *Tirolites injucundus* (Manuskript) aus derselben Schichtgruppe identifiziert. Auf Grund dieser Funde ist A. v. Krafft geneigt, die Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi* noch der skythischen Stufe zuzuweisen und die Grenze zwischen Muschelkalk und unterer Trias mitten durch die Masse der Knollenkalke zu ziehen, wie ich dies in dem Profil von Lilang angedeutet habe.

Die erwähnten Fossilien sind mir bisher ebensowenig als das übrige aus der skythischen Stufe von Spiti neu aufgesammelte Material vorgelegen. Ich muß daher eine Entscheidung dieser Frage vorläufig zurückhalten. Gegen die Trennung der Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi* und der Knollenkalke von der anisischen Stufe würde das Vorkommen von *Sibirites Prahlada* in den Horizonten der *Rhynchonella Griesbachi* und *Spiriferina Stracheyi* sprechen. Ein sicher begründetes Urteil über die Altersstellung der einigermaßen zweifelhaften basalen Glieder des indischen Muschelkalkes wird wohl erst auf Grund der Funde besser erhaltener und zahlreicherer Fossilreste abgegeben werden können.

2. Ladinische Stufe.

Die Vertretung ladinischer Bildungen in Spiti ist durch Hayden und A. v. Krafft mit voller Sicherheit festgestellt worden.

Die reichste ladinische Fauna liegt in den Daonella Shales, einem 160 Fuß mächtigen Komplex dünn geschichteter, dunkler Kalkschiefer, die allmählich in die obersten Lagen des Muschelkalkes übergehen. In dem ganzen Komplex sind *Daonella Lommeli* Wissm. und *Daonella indica* Bittn. häufig und weit verbreitet. In den tieferen Lagen sind auch Cephalopoden häufig.

Unter den 25 Cephalopodenarten dieses Horizonts sind 4 neu. Eine derselben gehört einem neuen Genus, *Thanamites*, an, das mit der äußeren Form eines *Arcestes* oder *Didymites* eine sehr einfache Suturlinie — besonders auffallend durch den engen, zweispitzigen Laterallobus — verbindet. Sieben Arten sind bereits aus den Triasablagerungen des Himalaya bekannt. Zwei derselben sind Nachzügler aus dem Muschel-

kalk (*Ptychites Gerardi* Blfd., *Proarcestes Balfouri* Opp.), vier sind von E. v. Mojsisovics teils aus dem Traumatocrinuskalk des Shalshal Cliff, teils aus dem Kalkstein am Ralphugletscher (Lissartal) beschrieben worden, nämlich:

Arpadites Rimkinensis Mojs.,
Rimkinites Nitiensis Mojs.,
» *Edmondii* Dien. (die beknotete Form des *R. Nitiensis* = *Ammonites floridus juv.* Salter),
Joannites Kossmati Dien. (= *J.* cf. *cymbiformis* v. Mojs. aus dem Traumatocrinuskalk).

Dazu kommen noch zwei von Bittner beschriebene Arten dieser von E. v. Mojsisovics der karnischen Stufe zugeteilten Bildungen:

Daonella indica Bittn.,
Spirifera hunica Bittn.

Diesen Formen mit karnischen Anklängen stehen nicht weniger als acht gegenüber, die mit solchen der Wengener Schichten in den Ostalpen direkt oder wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit identifiziert werden können, nämlich:

Daonella Lommeli Wissm.,
Hungarites Pradoi Mojs.,
Protrachyceras Archelaus Lbe.,
» *ladinum* Mojs.,
» cf. *longobardicum* Mojs.,
» cf. *regoledanum* Mojs.,
Anolcites cf. *Lazkói* Dien.,
Joannites cf. *tridentinus* Mojs.

Einige der hier aufgezählten Arten gehören zu den charakteristischesten Leitfossilien der Wengener Schichten. Dagegen sind Beziehungen zu der Fauna der Schichten von St. Cassian und Raibl nur spärlich angedeutet. So steht *Joannites Kossmati* dem *J. Joannis Austriae* Klipst., *Gymnites calosoma* Dien. dem *G. Breunneri* nahe. Im ganzen aber überwiegen die Beziehungen der Fauna der Daonella shales zu jener der Wengener Schichten so außerordentlich, daß sie in

einer Parallelisierung mit der longobardischen, nicht mit der cordevolischen Unterstufe ihren naturgemäßen Ausdruck finden müssen.

Wie Hayden gezeigt hat, ist der stratigraphische Zusammenhang der ladinischen Stufe in Spiti mit der Muschelkalkgruppe ein sehr inniger. Die obersten Bänke der letzteren enthalten bereits eine Fauna von ladinischem Gepräge. Der longobardische Charakter ist in dieser Fauna aus den obersten Bänken des lithologisch noch der Muschelkalkgruppe zugehörigen Kalkkomplexes nicht weniger deutlich ausgesprochen als in jener der Daonella shales. Allerdings fehlen einige wichtige Leitfossilien der Daonella shales, wie *Daonella Lommeli* und *Protrachyceras Archelaus.* Eine Vertretung der Fauna der Buchensteiner Schichten, beziehungsweise der fassanischen Unterstufe, ist mir bisher nicht bekannt geworden. Nur zwei ladinische Arten:

Protrachyceras Cautleyi Dien.,
Hungarites sp. ind. aff. *Mojsisovicsi* Boeckh.

zeigen entfernte Beziehungen zu solchen der Buchensteiner Schichten, die erstere Spezies zu der Gruppe des *P. recubariense* Mojs.

Da die Annahme einer stratigraphischen Lücke zwischen der anisischen und ladinischen Stufe in Spiti ausgeschlossen erscheint, so müssen Äquivalente der fassanischen Unterstufe in der Muschelkalkgruppe gesucht werden. Wahrscheinlich hat zur fassanischen Zeit keine selbständige, von der anisischen wesentlich abweichende Cephalopodenfauna das Meer der indischen Triasprovinz bevölkert.

Über den Daonella shales folgt in Spiti eine isopische Masse dunkler Kalksteine, deren untere und obere Abteilung — Daonella limestone und Halobia limestone — verschiedene Faunen führen. Aus dem Daonellenkalk sind folgende Formen bekannt geworden:

Traumatocrinus sp. ind.,
Daonella Lommeli Wissm.,
» *indica* Bittn.,

Daonella sp. ind. aff. *Cassianae* Mojs.,
Rhynchonella cf. *Rimkinensis* Bittn.,
Phloioceras deliciosum Dien.,
Styrites lilangensis Dien.,
Celtites trigonalis Dien.,
» *perauritus* Dien.,
Rimkinites Nitiensis Mojs.,
Monophyllites cf. *Wengensis* Klipst.,
Joannites Kossmati Dien.,
» cf. *Klipsteini* Mojs.

In dieser Fauna weist vor allem *Daonella Lommeli* sehr bestimmt auf die ladinische Stufe hin, da sie als ein Hauptleitfossil der Wengener Schichten und des Marmolatakalkes in den Ostalpen ausschließlich auf diese Stufe beschränkt ist. Drei Arten (*Rimkinites Nitiensis, Joannites Kossmati* und *Daonella indica*) hat der Daonellenkalk mit den unterlagernden Schiefern, aber auch mit den karnischen Traumatocrinuskalken des Shalshal Cliff gemeinsam. Auf karnisches Alter weist die überwiegende Mehrzahl der übrigen Formen — abgesehen von *Monophyllites Wengensis* — hin. Insbesondere sind die drei Gattungen *Traumatocrinus*, *Phloioceras* und *Styrites* in der alpinen Trias nur aus karnischen Schichten bekannt.

Ich halte es für wahrscheinlich, daß in dem Daonellenkalk die longobardische und die cordevolische Unterstufe vertreten sind. Da die relativ nicht zahlreichen Fossilien in dem mir vorliegenden Material von verschiedenen Fundorten stammen, so liegt vorläufig noch durchaus kein Beweis für die Einheitlichkeit der hier besprochenen Fauna vor.

III. Karnische Stufe.

Die obere Abteilung der großen, die Daonella shales überlagernden Masse dunkler Kalke (Halobia limestone) gehört unzweifelhaft der karnischen Stufe an. Wahrscheinlich findet innerhalb dieser Masse ein durchaus allmählicher Übergang longobardischer, cordevolischer und julischer Triasbildungen statt.

Das wichtigste Fossil des Halobienkalkes ist *Halobia comata* Bittn., die Hauptleitform der von Griesbach als

»Daonella beds« bezeichneten Schichtgruppe im Bambanag und Shalshal Cliff, deren julisches Alter E. v. Mojsisovics sichergestellt hat. Zusammen mit dieser Bivalvenart fand sich ein riesiges Exemplar eines *Joannites* mit sehr komplizierter Suturlinie, dessen Verwandtschaft ebenfalls auf karnische Typen hinweist.

Die julische Unterstufe ist in Spiti von sehr bedeutender Mächtigkeit. Auch die 500 Fuß mächtige, über dem Halobienkalk folgende Gruppe grauer Schiefer und dünn geschichteter Kalke, die A. v. Krafft und Hayden unter dem Namen der »Grey beds« zusammengefaßt haben, enthält Faunen julischen Alters.

In den Grey beds sind zwei fossilführende Horizonte bekannt. Der tiefere liegt nahe der Basis und hat folgende Cephalopodenfauna geliefert:

Trachyceras sp. ind. (aus der Gruppe der *Tr. acanthica*),
Trachyceras sp. aff. *Ariae* Mojs.,
Carnites floridus Wulf.,
» *nodifer* Dien. (die beknotete Varietät des *C. floridus* mit breiter Externseite)
Monophyllites sp. aff. *Simonyi* v. Hauer,
Joannites cymbiformis Wulf.

An dieser kleinen Fauna fallen die nahen Beziehungen zu der alpinen Fauna der Aonoideszone zunächst auf. *Joannites cymbiformis*, der häufigste Ammonit dieses Cephalopodenlagers, *Carnites floridus* und *C. nodifer* sind wohlbekannte Leitfossilien jener Zone. Auch die leider nur in Bruchstücken erhaltenen, aber häufigen Trachyceraten stehen julischen Arten nahe. Über die Homotaxie des basalen Ammonitenhorizonts der Grey beds mit der julischen Zone des *Trachyceras Aonoides* kann demnach kein Zweifel bestehen.

Der zweite fossilführende Horizont in den Grey beds liegt zirka 300 Fuß über dem vorigen. Er enthält zahlreiche Reste von Bivalven und Brachiopoden. Das einzige aus demselben bekannt gewordene Ammonitenfragment ist von A. v. Krafft auf die juvavische Gattung *Distichites* bezogen worden, gehört

jedoch sicher einem anderen Genus, wahrscheinlich *Paratropites* an.

Die Lamellibranchiaten bestehen, von einigen spezifisch unbestimmbaren Schalen von *Gonodon* und *Lima* abgesehen, ausschließlich aus Vertretern von zwei neuen, in mehrfacher Hinsicht eigenartigen Gattungen. Die eine derselben, *Lilangina*, erreicht bedeutende Dimensionen und erinnert einigermaßen an *Cassianella*, von der sie jedoch durch den glatt abgestutzten Vorderrand und den vollständigen Mangel eines vorderen Ohres unterschieden ist. Die andere, *Pomarangina*, gleicht einer ungleichklappigen *Pachycardia* ohne Diagonalkiel, deren Schloßzähne verkümmert sind.

Anhaltspunkte für eine Altersbestimmung liefern dagegen die Brachiopoden, unter denen eine erhebliche Zahl mit alpinen Formen identisch oder sehr nahe verwandt sind. Die meisten derselben weisen auf die cordevolische oder julische Unterstufe hin, so insbesondere:

Austriella sp. aff. *nux* Suess,
Rhynchonella cf. *semiplecta* Muenst.,
» cf. *bajuvarica* Bittn.,
» *himaica* Dien. (der *Rh. subacuta* Muenst. sehr nahestehend),
Spiriferina gregaria Suess,
Dielasma julicum Bittn.

Bemerkenswert ist das Zusammenvorkommen dieser Formen mit Typen, die man eher im Muschelkalk als in obertriadischen Bildungen erwarten würde. Zu solchen gehören *Rhynchonella Freshfieldi* Dien. aus der Gruppe der anisischen *Rh. trinodosi* Bittn., *Spiriferina orophila* Dien. aus der Verwandtschaft der *Sp. avarica* Bittn. aus dem Muschelkalk des Bakony, endlich die echte *Mentzelia Mentzelii* Dunk., die auch Bittner bis in die Veszprémer Mergel des Bakony als seltenen Nachzügler verfolgt hat.

Keinesfalls bietet diese Brachiopodenfauna Anlaß zu einer Parallelisierung mit Bildungen der tuvalischen Unterstufe. Wir sind vielmehr berechtigt, die Grey beds in ihrer Gesamtheit als

ein Äquivalent der Aonoideszone, beziehungsweise der julischen Unterstufe anzusprechen.

Der nächste fossilführende Horizont über den Grey beds sind die Tropites shales. Sie bilden eine 600 Fuß mächtige Schichtfolge von grauen Schiefern und splittrigen dunklen Kalken. Das Fossillager der Tropites shales befindet sich 900 Fuß über dem basalen Cephalopodenlager der Grey beds in einer 15 Fuß mächtigen Bank von Knollenkalk, Die Fauna setzt sich aus folgenden Arten zusammen:

Clydonautilus acutilobatus Dien.,
Germanonautilus cf. *Breunneri* v. Hauer,
Styrionautilus cf. *Sauperi* v. Hauer,
Pleuronautilus sp. ind. aff. *Wulfeni* Mojs.,
Tropites cf. *subbullatus* v. Hauer,
» *discobullatus* Mojs.,
» cf. *torquillus* Mojs.,
» sp. aff. *Paracelsi* Mojs.,
Paratropites tikhensis Dien.,
Trachysagenites cf. *Herbichi* Mojs.,
» *galeatus* Dien.,
Eutomoceras sp. aff. *Plinii* Mojs.,
Anatomites cf. *Bacchus* Mojs.,
Jovites spectabilis Dien.,
» cf. *siculus* Gemm.,
Sandlingites nov. sp. aff. *Reyeri* Mojs.,
» » » » *Castellii* Mojs.,
Clionites heraclitiformis Dien.,
Proarcestes cf. *Gaytani* Klipst.

Das tuvalische Gepräge dieser Fauna ist unverkennbar. Mehr als die Hälfte aller von Hayden und A. v. Krafft in diesem Niveau gesammelten Ammoniten, die allerdings leider nur selten eine sichere spezifische Bestimmung zulassen, gehört der Gattung *Tropites* an. Auch die übrigen Gattungen der Gruppe sind für ein oberkarnisches Niveau bezeichnend. Eine Beimischung jüngerer Typen fehlt durchaus. Die diesbezüglichen Angaben A. v. Krafft's haben sich nicht bestätigt. Die Exemplare von *Clydonautilus* aus den Tropites shales sind von

Proclydonautilus Griesbachi Mojs. aus der tiefsten juvavischen (norischen) Schichtgruppe des Bambanag Profils (Hauerites beds *antea*) durchaus verschieden. Die von A. v. Krafft zu *Parajuvavites* gestellten Ammoniten gehören ausnahmslos der karnischen Gattung *Jovites* an. Gerade die durch ihre Häufigkeit bezeichnendsten Faunenelemente der Tropites shales sind für die Zone des *Tropites subbullatus* in den Hallstätter Kalken charakteristisch, so die in dem obigen Verzeichnis angeführten Vertreter der Gattungen *Tropites, Jovites, Trachysagenites, Clionites* und *Anatomites*. Die Tropites shales repräsentieren daher ohne Zweifel in der Trias von Spiti die tuvalische Unterstufe.

Die vollständige Abwesenheit einer Beimischung juvavischer Faunenelemente in den Tropites shales von Spiti ist für eine richtige Auffassung der bathrologischen Stellung des Tropitenkalkes von Byans von großer Bedeutung. Sie zeigt deutlich, daß die überraschende Assoziation karnischer und juvavischer Typen in der Fauna des Tropitenkalkes von Byans auch in der Himalaya-Trias einen Ausnahmefall darstellt und daß der letztere daher keineswegs nur mit der tuvalischen Zone des *Tropites subbulatus* parallelisiert werden darf. Er ist vielmehr trotz seiner geringen Mächtigkeit als ein homotaxes Äquivalent tuvalischer und lacischer Bildungen zu betrachten.

In die tuvalische Unterstufe muß auch ein über den Tropites shales folgender, 300 Fuß mächtiger Komplex dolomitischer Kalksteine verwiesen werden. Die spärlichen Fossilreste umfassen Brachiopoden und Bivalven von mittel-, beziehungsweise oberkarnischem Habitus, darunter:

Dielasma julicum Bittn.,
Terebratula sp. ind. aff. *piriformis* Suess,
Lima cf. *austriaca* Bittn.,
Daonella aff. *styriaca* Mojs.,
Halobia aff. *superba* Mojs.

Die Gesamtmächtigkeit der tuvalischen Bildungen in Spiti ist demnach auf wahrscheinlich 900 Fuß, jene der karnischen Bildungen überhaupt auf mindestens 1600 Fuß zu veranschlagen.